



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 43 10 836 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F 28 D 20/00

⑯ Aktenzeichen: P 43 10 836.9  
⑯ Anmeldetag: 2. 4. 93  
⑯ Offenlegungstag: 6. 10. 94

DE 43 10 836 A 1

⑯ Anmelder:  
Bayerische Motoren Werke AG, 80809 München, DE

⑯ Erfinder:  
Höppler, Robert, Dr., 8071 Karlskron, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 39 22 736 C1  
DE 41 27 715 A1  
DE 41 17 337 A1  
DE 40 31 873 A1  
DE 38 23 474 A1  
DE 38 21 897 A1

⑯ Adsorptions-Wärmespeicheranlage

⑯ Innerhalb eines Zeolith-Adsorbers ist ein Wärmetauscher vorgesehen, der Bestandteil eines Wärmeträgerkreislaufes ist, der u. a. auch über einen Nutzwärmetauscher führt, in dem die Nutzwärme beispielsweise zur Beheizung eines Fahrzeug-Innenraumes verwendet werden kann. Der Wärmeträgerkreislauf weist einen den Adsorber umgehenden Bypass auf, in dem ein Taktventil vorgesehen ist. Durch taktenden Betrieb dieses Taktventils kann eine Umwälzpumpe den Wärmeträgerkreislauf auch durch den Adsorber hindurch in Gang setzen, obwohl im vorangegangenen Desorptionsprozeß das Wärmeträgermittel im Adsorber-Wärmetauscher seinen Phasenzustand gewechselt hat, so daß dort eine Dampfblase entstand. Durch Mischung von Heißdampf aus dem Adsorber und Flüssigkeit über den Bypass unmittelbar nach dem Adsorber kann mit üblichen Heizwasserschläuchen das Wärmeträgermittel dem Nutzwärmetauscher zugeführt werden. Angegeben sind ferner vorteilhafte konstruktive Details einer Adsorber-Verdampferraum-Einheit.

DE 43 10 836 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Adsorptions-Wärmespeicheranlage mit einem insbesondere ein Zeolith enthaltenden Adsorber mit integriertem, ein Wärmeträgermittel, insbesondere Wasser, führenden Leitungsstrang, der Bestandteil eines desweiteren eine Umwälzpumpe sowie einen Nutzwärmetauscher enthaltenden Wärmeträgerkreislaufs ist, und geht aus von der DE 32 12 608 A1.

Für Adsorptions-Wärmespeicheranlagen gibt es ein großes Anwendungsfeld. Beispielsweise können derartige Wärmespeicheranlagen auch in Kraftfahrzeugen vorgesehen werden, wobei die gespeicherte Wärmemenge dazu genutzt werden kann, den Fahrzeug-Innenraum oder auch eine das Fahrzeug antreibende Brennkraftmaschine vor einem Start zu erwärmen. Nach Entladung des Wärmespeichers kann dieser entweder durch die Abwärme des Kraftfahrzeug-Antriebsaggregates oder im Falle eines Elektrofahrzeugs gemeinsam mit einer Aufladung der im Elektrofahrzeug vorgesehenen Akkumulatoren beladen werden. Der Wärmeabtransport aus dem Adsorber und/oder die Wärmezufuhr zum Adsorber für den Beladevorgang kann dabei über einen Wärmeträgerkreislauf erfolgen, für den wärmetauscherähnlich ein Leitungsstrang im Adsorber vorgesehen ist. Bevorzugt kommt als Wärmeträgermittel, das in diesem Wärmeträgerkreislauf umgewälzt wird, Wasser zum Einsatz; die im folgenden geschilderte Problematik kann sich jedoch auch bei anderen geeigneten Wärmeträgermitteln einstellen. Bei Verwendung von Wasser als Wärmeträgermittel, das ggf. mit geeigneten Zusätzen, so beispielsweise einem Frostschutzmittel, versehen ist, wurde bei der Abkühlung des heißen Adsorbers, d. h. bei einer gewünschten Entnahme einer Wärmemenge aus der beladenen Wärmespeicheranlage festgestellt, daß mit einer üblich dimensionierten Umwälzpumpe überhaupt kein Wärmeträgermittel durch den im Adsorber vorgesehenen Leitungsstrang befördert werden konnte. Wurde jedoch, nachdem die Pumpenleistung um einen wesentlichen Betrag erhöht wurde, der Wärmeträgerkreislauf zunächst einmal in Gang gesetzt und dabei der Leitungsstrang im Adsorber auf Temperaturen unterhalb der Siedetemperatur des Wärmeträgermittels abgekühlt, so reichte für ein weiteres Aufrechterhalten des Wärmeträgerkreislaufs wieder eine deutlich reduzierte Pumpenleistung aus. Dieses Phänomen des erschwerten Anfahrens des Wärmeträgerkreislaufs bei einer beabsichtigten Entladung der Wärmespeicheranlage läßt sich wie folgt begründen: Bereits beim Beladen des Adsorbers wechselt das sich im Leitungsstrang im Adsorber befindende Wärmeträgermittel seinen Aggregatzustand, d. h. das zunächst flüssige Wärmeträgermittel/Wasser wird zumindest im Bereich des im Adsorber vorgesehenen Wärmetauschers in den gasförmigen Zustand übergeführt. Hierbei bildet sich eine Gasblase, die sich mit weiterer Beladung und somit Erwärmung des Adsorbers weiter ausdehnt und schließlich den gesamten Leitungsstrang im Adsorber ausfüllen kann. Soll nun zu einem späteren Zeitpunkt nach Abschluß des Beladevorganges der Adsorber entladen werden, so wird die Umwälzpumpe in Betrieb genommen. Mit einer üblichen Leistungsdimensionierung ist diese Umwälzpumpe jedoch nicht in der Lage, die im Leitungsstrang im Adsorber befindliche Gasblase aus dem Bereich des Adsorbers hinauszustoßen, so daß der Wärmeträgerkreislauf — wie oben geschildert — nicht in Betrieb gesetzt werden kann. Ferner

können die aus dem Adsorber austretenden Gasblasen bzw. Gasblasenteile aus überhitztem Wärmeträgermittel/Wasserdampf aufgrund der hohen Temperaturen nicht in üblichen Heizwasserschläuchen weitergeleitet werden.

Eine einfache und günstige Lösung für die oben geschilderte Problematik aufzuzeigen, ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist vorgesehen, daß der 10 Wärmeträgerkreislauf einen Bypass zum Adsorber aufweist, der pumpendruckseitig vom den Adsorber durchdringenden Leitungsstrang abzweigt, wobei der Bypass ein Taktventil enthält und stromab des Adsorbers in einem Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan wieder in den 15 Leitungsstrang mündet, und daß pumpensaugseitig ein Ausgleichsbehälter für das Wärmeträgermittel vorgesehen ist. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen der Erfindung sind Inhalt der Unteransprüche.

Über den erfindungsgemäß vorgesehenen Bypass 20 kann zunächst einmal der Wärmeträgerkreislauf mit Inbetriebnahme einer üblicherweise ausreichend dimensionierten Umwälzpumpe in Gang gesetzt werden, jedoch genügt diese Maßnahme alleine natürlich noch nicht, die Gasblase aus dem Leitungsstrang im beladenen Adsorber zu entfernen. Wird nun jedoch das im Bypass vorgesehene Taktventil in einer geeignet gewählten Frequenz geöffnet und geschlossen, so werden hierdurch pumpendruckseitig Druckstöße induziert, die ein quasi schrittweises Ausschieben der Gasblase aus dem Wärmetauscher im Adsorber veranlassen. Mit einer geeignet angepaßten Taktfrequenz des Taktventiles, das selbstverständlich auch als Regelventil ausgebildet sein kann — wesentlich ist es lediglich, daß dieses Takt- oder Regelventil binnen kurzer Zeitspannen geöffnet oder geschlossen werden kann — kann somit die Gasblase aus dem Adsorber entfernt werden. Stromab des Adsorbers schließlich wird die Gasblase in dem dort vorgesehenen Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan zumindest teilsweise aufgelöst. In diesem Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan wird nämlich der Gasblase oder Teilen der selben das über den Bypass am Adsorber im Taktbetrieb vorbeigeführte Wärmeträgermittel beigemengt. Sollte in bzw. nach diesem Mischorgan immer noch dampfförmiges Wärmeträgermittel im Wärmeträgerkreislauf vorliegen, so kann dieses schließlich in einem Kondensator endgültig verflüssigt werden, wobei diese Kondensatorfunktion von dem ohnehin bereits im Wärmeträgerkreislauf vorgesehenen Nutzwärmetauscher übernommen werden kann. Ist schließlich nach einer gewissen Zeitspanne, innerhalb derer die Taktfrequenz des Taktventiles auch in geeigneter Weise geändert werden kann, die ehemals im Leitungsstrang im Adsorber befindliche Gasblase vollständig aus dem Adsorber entfernt, so kann das Taktventil geschlossen und hiermit der Bypass gesperrt werden. Mit Hilfe dieses Bypasses sowie dem darin vorgesehenen Taktventil kann somit auch unter Verwendung einer üblich dimensionierten Umwälzpumpe, die an sich nicht in der Lage ist, eine Gasblase aus dem Leitungsstrang im Adsorber zu entfernen, trotz einer derartigen Gasblase der Wärmeträgerkreislauf durch den Adsorber in Gang gesetzt werden. Als weiteres Merkmal schlägt die Erfindung pumpensaugseitig einen an den Wärmeträgerkreislauf angebundenen Ausgleichsbehälter für das Wärmeträgermittel vor. Dieser Ausgleichsbehälter ist erforderlich, um die Volumenänderungen im Wärmeträgerkreislauf, die durch das Entstehen und das spätere Auflösen der Gasblase verursacht werden, auszugleichen. Dabei kann der

Ausgleichsbehälter in unterschiedlichster Weise ausgebildet sein, so kann er beispielsweise vom Wärmeträgerkreislauf abzweigen oder auch direkt in den Wärmeträgerkreislauf eingeschaltet sein und dabei beispielsweise mittels elastischer Wände die nötige Ausgleichsfunktion ausüben.

Eine Drosselblende im Bypass, die bevorzugt strom auf des Taktventiles angeordnet ist, ist der Ausbildung und Weiterleitung der Druckstöße, die durch den Taktbetrieb des Taktventiles hervorgerufen werden, förderlich. Ferner stellt eine derartige Drosselblende das optimale Mischungsverhältnis zwischen dem flüssigen Wärmeträgermittel im Bypass sowie dem dampfförmigen Wärmeträgermittel im Adsorber her. Das Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan hingegen kann äußerst einfach ausgebildet sein und so insbesondere einen erweiterten Mischraum für den Leitungsstrang sowie den in diesen mündenden Bypass aufweisen, der bevorzugt einen siebartigen Einsatz aufweist. Dieser siebartige Einsatz veranlaßt eine Aufteilung und Auflösung der bis dahin noch relativ großen, aus dem Leitungsstrang im Adsorber austretenden Gasblasen.

Wie bekannt wird im Adsorber unter Wärmeabgabe ein Arbeitsmittel adsorbiert, das beim Beladen des Adsorbers in einen Verdampferraum ausgetrieben wird. Ist der Adsorber als Zeolith-Adsorber ausgebildet, so kommt als Arbeitsmittel bevorzugt Wasser zum Einsatz. Dabei kann neben der bei der Entladung des Adsorbers frei werdenden Nutzwärme auch die im Verdampferraum dann frei werdende Nutzkälte genutzt werden. Hierzu kann auch im Verdampferraum ein Wärmetauscher vorgesehen sein, der Bestandteil eines über einen Kühlkörper führenden Kältemittelkreislaufes ist. Beispielsweise kann dieser Kühlkörper ein Luft-Kühl-Wärmetauscher einer Fahrzeug-Klimaanlage sein. In diesem Zusammenhang wurde erkannt, daß es nicht erforderlich ist, für das Arbeitsmittel, das zwischen dem Adsorber sowie dem Verdampferraum alternierend hin- und hergeführt wird, ein Sperr- oder Regelventil vorzusehen. Vielmehr ist es ausreichend, wenn der Verdampferraum sowie der Adsorber sehr gut isoliert sind und dabei vorzugsweise von einer gemeinsamen Isolationshülle umschlossen werden. Handelt es sich bei dieser Isolationshülle um eine äußerst wirkungsvolle Isolationschicht (Vakuumisolation), so kann das Beladen bzw. Entladen des Adsorbers allein durch geeignete Inbetriebnahme des beispielsweise den Adsorber durchdringenden Wärmeträgerkreislaufes für den Nutzwärmetauscher gestartet bzw. gesteuert werden. Wird somit im Beladevorgang dem Adsorber eine ausreichend hohe Wärmemenge zugeführt und aus dem Verdampferraum die Kondensationswärme abgeführt, so wird sicher das Arbeitsmittel aus dem Adsorber in den Verdampferraum ausgetrieben, ohne daß zwischen Adsorber und Verdampferraum ein Sperr- oder Regelventil erforderlich wäre. Ist der Beladevorgang abgeschlossen, so kann bei ausreichender Isolation dann, wenn keine Nutzenergie aus dem System abgeführt wird, lediglich eine geringe Menge von Arbeitsmittel vom Verdampferraum in den Adsorber gelangen, da die hiermit frei werdende Wärme sofort wieder dieses Arbeitsmittel zurück in den Verdampferraum austreibt. Somit baut sich innerhalb des Systems ein Druckgleichgewicht auf, das durch einen alternierenden Adsorptions-/Desorptionsprozeß beschreibbar ist. Dieses Druckgleichgewicht verhindert weitgehend eine selbsttätige Entladung des Adsorbers, solange dem gesamten System keine Nutzenergie, sei es über den im Adsorber verlaufenden Wärmeträgerkreis-

lauf oder über den im Verdampferraum verlaufenden Wärmeträgerkreislauf, entnommen wird. Soll hingegen Nutzenergie entnommen werden, so kann dies aufgrund des Fehlens eines Sperr- oder Regelventiles zwischen dem Adsorber sowie dem Verdampferraum deutlich verbessert erfolgen, da bei vorzugsweise unmittelbar übereinander oder nebeneinander angeordnetem Adsorber- und Verdampferraum nun der Weg für das Arbeitsmittel keine wesentlichen Strömungshindernisse enthält.

Im folgenden werden Prinzipskizzen bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. Es zeigt

Fig. 1 einen Wärmeträgerkreislauf einer erfindungsgemäßen Adsorptions-Wärmespeicheranlage,

Fig. 2 den Querschnitt durch eine Adsorber-Verdampferraum-Einheit,

Fig. 3 die Perspektivdarstellung und

Fig. 4 den Längsschnitt durch eine Adsorber-Verdampferraum-Einheit.

In Fig. 1 ist mit der Bezugsziffer 10 ein Wärmeträgerkreislauf bezeichnet, der mittels eines Leitungsstückes 8 u. a. durch einen Adsorber 1 geführt ist. Innerhalb dieses Adsorbers 1 ist das Leitungsstück wärmetauscherähnlich gestaltet, so daß das im Leitungsstück 8 geführte Wärmeträgermittel, insbesondere Wasser, die im Adsorber 1, der als Zeolith-Adsorber ausgebildet ist, bei dessen Entladung frei werdende Wärmemenge optimal aufnehmen kann. Abgegeben werden kann diese im Adsorber 1 bei dessen Entladung frei werdende Wärmemenge in einem Nutzwärmetauscher 3 beispielsweise an einen durch diesen Nutzwärmetauscher 3 hindurchgeführten Luftstrom. Hierzu ist der Nutzwärmetauscher 3 als Luft-Wasser-Wärmetauscher ausgebildet, wobei der hindurchdringende Luftstrom beispielsweise zur Beheizung des Innenraumes eines Kraftfahrzeuges herangezogen werden kann. Gefördert wird das im Wärmeträgerkreislauf umgewälzte Wärmeträgermittel von einer Umwälzpumpe 5.

Wie bereits oben ausführlich erläutert wurde, geht bei einer Beladung des Adsorbers 1 — hierzu wird dieser wie bekannt beheizt — das im Leitungsstück 8 befindliche Wasser/Wärmeträgermittel in den gasförmigen Zustand über. Da sich die hierdurch bildende Gasblase mit weiterer Beladung des Adsorbers weiter ausdehnt, ist ein Ausgleichsbehälter 4 vorgesehen, in dem verdrängtes Wärmeträgermittel gespeichert werden kann.

Bei einem anschließenden Entladevorgang ist eine üblich dimensionierte Umwälzpumpe nicht in der Lage, die im Adsorber 1 bzw. im Leitungsstück 8 befindliche Gasblase auszustoßen. In diesem Falle wird das üblicherweise geschlossene, in einem Bypass 9 zum Leitungsstück 8 bzw. zum Adsorber 1 angeordnete Taktventil 7 in Betrieb genommen, d. h. dieses Taktventil wird alternierend geöffnet und geschlossen. In geöffnetem Zustand kann somit Wärmeträgermittel umgewälzt werden, da wie ersichtlich der Bypass 9 pumpendruckseitig vom Leitungsstück 8 abzweigt und stromab des Adsorbers 1 in einem Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan 2 wieder mit dem eigentlichen Wärmeträgerkreislauf 10 vereinigt wird. Mit Schließen des Taktventiles 7 wird pumpendruckseitig ein Druckstoß induziert, der durch die Drosselblende 6 nochmals verstärkt wird. Dieser Druckstoß ist in der Lage, die Gasblase im Leitungsstück 8 ein Stück weit aus dem Adsorber auszuschieben. Durch eine Vielzahl von Schaltvorgängen des Taktventiles 7 kann somit letztendlich die gesamte Gasblase aus dem Leitungsstück 8 in das Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan 2 verdrängt werden. Hier wird das gasförmige

bzw. dampfförmige Wärmeträgermittel bereits durch Zusammentreffen mit dem über den Bypass 9 geführten flüssigen Wärmeträgermittel zumindest teilweise kondensiert, eine weitere Kondensation erfährt das dampfförmige Wärmemittel in diesem Mischungsorgan 2 an einem siebartigen Einsatz 11, der innerhalb dieses als erweiterter Mischraum ausgebildeten Dampf-Flüssigkeits-Mischorganes 2 angeordnet ist. Sollte auchstromab dieses Mischorganes 2 noch dampfförmiges Arbeitsmittel vorliegen, so wird dieses letztendlich im Nutzwärmetauscher 3 kondensiert, so daß die Umwälzpumpe 5 stets flüssiges Wärmeträgermittel ansaugen kann. Die mit der Kondensation des dampfförmigen Wärmeträgermittels einhergehende Volumenreduktion wird durch das im Ausgleichsbehälter 4 befindliche Wärmeträgermittel ausgeglichen. Kann schließlich das Leitungsstück 8 von flüssigem Wärmeträgermittel ungehindert durchströmt werden, so wird selbstverständlich der Bypass 9 gesperrt, wozu das Taktventil 7 geschlossen bleibt. Die Taktfrequenz des Taktventiles 7 kann dabei während des gesamten Prozesses variiert werden, die jeweils optimalen Taktfrequenzen sind in einer Versuchsreihe einfach zu ermitteln.

Fig. 2 zeigt einen Zeolith-Adsorber 1 mit integriertem Leitungsstück 8 im Detail. Neben dem Adsorber 1 ist durch eine Wand 20 mit einem Übergang 21 getrennt ein Verdampferraum 22 vorgesehen. Umgeben ist der Adsorber 1 sowie der Verdampferraum 22 von einer gemeinsamen hochwirksamen Isolationshülle 23 mit der Trennwand 20 als Bestandteil. Diese Anordnung innerhalb einer gemeinsamen Isolationshülle 23 ist möglich und besonders vorteilhaft, da sowohl innerhalb des Adsorbers 1, als auch innerhalb des Verdampferraumes 22 jeweils ein Wärmetauscher 8, 8' vorgesehen ist, durch den ein bevorzugt flüssiges Wärmeträgermittel zur Abfuhr der beim Adsorptionsprozeß frei werdenden Nutzenergie geführt ist. Bei dem Wärmetauscher 8 innerhalb des Zeolith-Adsorbers 1 handelt es sich wieder um das bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 erläuterte lamellierte Leitungsstück, als Wärmetauscher 8' innerhalb des Verdampferraumes 22 können übliche Wärmetauscher zum Einsatz kommen. Damit wenig Nutzraum innerhalb der Isolationshülle 23 verlorengeht, bzw. damit der Ausgleichsbehälter 4 klein dimensioniert werden kann, sind vorzugsweise Lamellenrohr-Wärmetauscher mit geringem Rohr-Volumenanteil vorzusehen. Der Wärmetauscher 8' innerhalb des Verdampferraumes ist dann Bestandteil eines über einen nicht gezeigten Kühlkörper führenden Kältemittelkreislaufes, d. h. über diesen Wärmetauscher 8' kann Nutzkälte beispielsweise zu einem ebenfalls nicht gezeigten Luft-Kühl-Wärmetauscher geführt werden, mittels dessen beispielsweise abermals der Innenraum eines Kraftfahrzeugs klimatisiert, d. h. abgekühlt werden kann.

Im Übergang 21 zwischen dem Verdampferraum 22 sowie dem Zeolith-Adsorber 1 ist kein Sperrventil vorgesehen, vielmehr ist dieser Übergang für das im Adsorptionsprozeß vom Adsorber 1 aufgenommene und im Desorptionsprozeß vom Adsorber ausgeschobene Arbeitsmittel, das bevorzugt abermals Wasser ist, im wesentlichen widerstandsfrei passierbar. Dies erhöht den Wirkungsgrad des Adsorptionsprozesses. Aufgrund der äußerst wirksamen Isolation durch die Isolationshülle 23, die als Vakuum-Isolation ausgebildet ist, stellt sich in der gezeigten Adsorber-Verdampferraum-Einheit dann ein Gleichgewicht ein, wenn über die Wärmetauscher 8, 8' keine Nutzenergie abgeführt wird. Im wesentlichen wird sich also dann trotz des Fehlens eines

Sperrventiles nahezu kein Wärmeverlust ergeben.

Mit der Bezugsziffer 24 ist in dieser Fig. 2 ferner ein elektrischer Heizstab bezeichnet, der in Betrieb gesetzt wird, um den Desorptionsprozeß zu starten. Wird somit über diesen elektrischen Heizstab 24 dem Adsorber 1 Wärme zugeführt, so wird das Arbeitsmittel aus dem Adsorber 1 ausgetrieben und gelangt über den Übergang 21 in den Verdampferraum 22. Wird zu einem späteren Zeitpunkt entweder über den Wärmetauscher 8 oder über den Wärmetauscher 8' Nutzenergie abgerufen, so wird hierdurch selbsttätig der Adsorptionsprozeß gestartet, d. h. der Zeolith-Adsorber 1 saugt begierig das im Verdampferraum 22 befindliche Arbeitsmittel auf.

Die Fig. 3, 4 zeigen weitere Ansichten der bereits in Fig. 2 beschriebenen Adsorber-Verdampferraum-Einheit. Für die gleichen Bauelemente sind dabei die gleichen Bezugsziffern verwendet. Man erkennt eine mehrteilige Kastenausbildung mit einem Verdampferkasten 31 für den Verdampferraum, einen oberhalb diesem angeordneten Unterkasten 32 des Adsorbers 1, sowie einen darüberliegenden Oberkasten 33 für den Zeolith-Adsorber 1. Zwischen dem Oberkasten 33 sowie dem Unterkasten 32 ist der elektrische Heizstab 24 eingelegt. Der Verdampferkasten 31 sowie der Unterkasten 32 und der Oberkasten 33 sind wieder von der gemeinsamen Isolationshülle 23, die als Vakuum-Isolierung ausgebildet ist, umgeben. Bestandteil des Verdampferkastens 31 oder des Unterkastens 32 ist ferner die zwischen dem Adsorber 1 und dem Verdampferraum 22 liegende, im Zusammenhang mit Fig. 2 bereits beschriebene Wand 20, die im Längsschnitt gemäß Fig. 4 wieder sichtbar ist. In diesem Längsschnitt erkennt man auch den Übergang 21 zwischen dem Verdampferraum 22 sowie dem Zeolith-Adsorber 1.

Wie Fig. 4 ferner zeigt, verlaufen im Zeolith-Adsorber 1 Wasserdampfkanäle 34, damit das im Adsorber 1 anlagerbare bzw. aus diesem in den Verdampferraum 22 austreibbare Arbeitsmittel, das wie bereits erläutert ebenfalls Wasser ist, optimal zu allen Poren des Zeolith-Adsorbers 1 gelangen kann. Ferner verlaufen durch den Adsorber 1 die Rohre des eingebundenen Wärmetauschers 8 (vgl. Fig. 3, Fig. 4) bzw. des in Fig. 1 mit der Bezugsziffer 8 bezeichneten Leitungsstückes. Der Wärmetauscher 8 bzw. das Leitungsstück 8 kann dabei sowohl im Oberkasten 33 als auch im Unterkasten 32 auf dem elektrischen Heizstab 24 aufliegen. Umgeben sind die Wärmetauscher 8 bzw. diese Leitungsstücke 8 sowie selbstverständlich auch der Heizstab 24 dabei vom Zeolith-Adsorber 1, der beispielsweise durch eine Granulat-Schüttung gebildet wird.

Diese beschriebene Anordnung hat mehrere Vorteile. So wird die in die Mitte der Zeolith-Schüttung, d. h. in die Mitte des Adsorbers 1 über den Heizstab 24 beim Desorptionsprozeß eingebrachte Wärme durch die auf dem Heizstab 24 oben und unten aufliegenden Wärmetauscher/Leitungsstücke 8 optimal über der gesamten Zeolith-Granulat-Schüttung verteilt, ferner sind die Wärmeverluste nach außen äußerst gering, da die Wärme bei der Desorptionsphase in die Mitte des Adsorbers 1 eingebracht wird. Darüber hinaus kann über die Wärmetauscher 8 die beim Adsorptionsprozeß überall in der Granulat-Schüttung frei werdende Adsorptionswärme optimal abgeführt werden. In gleicher Weise kann die im Zeolith-Adsorber gespeicherte fühlbare Wärme direkt abgerufen werden. Ferner ergibt sich durch den im Adsorber 1 vorgesehenen Wärmetauscher 8 eine reduzierte Adsorbergröße aufgrund des optimalen Wärme-

überganges. Dabei kann der Wärmetauscher 8 durch einen konventionellen Lamellenrohr-, Serpentinenrohr- oder Plattenwärmetauscher gebildet werden, so daß ein kostengünstiger Adsorberblock mit integriertem Wärmetauscher realisiert werden kann. Damit ist eine derartige Adsorbereinheit beispielsweise für eine Fahrzeugeheizung auch wesentlich besser geeignet, als die ebenfalls im Stand der Technik vorgeschlagenen, direkt von der zu klimatisierenden Luft durchströmten Zeolith-Adsorber. Gegenüber diesem Stand der Technik tritt der weitere Vorteil zum Vorschein, daß sich aufgrund des integrierten Wärmetauschers 8 eine verbesserte Temperaturverteilung einstellt und daß als Wärmeträger Wasser, versetzt mit Frostschutzmittel, einsetzbar ist.

Ein weiterer Optimierungsschritt in Richtung bessere Temperaturverteilung und Reduktion der Baugröße läßt sich erzielen, wenn der Adsorber 1 als Zeolith-Monolith, ebenfalls wieder mit eingeschlossenem Wärmetauscher 8, ausgebildet ist. Hergestellt werden kann ein derartiger Zeolith-Monolith beispielsweise, indem in den Unterkästen 32 oder den Oberkästen 33, in denen jeweils bereits der Wärmetauscher 8 eingebaut sowie eine Zeolith-Granulat-Füllung eingebracht ist, eine flüssige Mischung eingegossen wird, die aus Wasser, Zeolith-Pulver und Bindemittel, so z. B. Natriumsilikat besteht. Dabei muß das bereits im Kasten befindliche Zeolith-Granulat weitgehend inaktiv sein, d. h. mit Wasser gesättigt sein. Nun wird so lange diese Mischung eingefüllt, bis der Flüssigkeitsspiegel die Anordnung gerade überdeckt. Zuvor wurden in den Oberkästen 33 bzw. in den Unterkästen 32 noch Platzhalter für die später erforderlichen Dampfkanäle 34 eingesteckt. Diese Platzhalter können beispielsweise Stäbe aus einem Vollmaterial sein. Anschließend wird diese Adsorber-Einheit in einem Ofen auf Desorptionstemperatur erwärmt. Dabei wird das Wasser ausgetrieben und die Anordnung durch die eingefüllte und nunmehr erstarrte Mischung in einen Festkörper übergeführt. Erzielbar ist hiermit eine noch deutlich verbesserte Wärmeleitung in der Adsorber-Blockstruktur. Damit verbunden ist ein schnellerer Wärmeeintrag bzw. -austrag und damit eine deutliche Leistungssteigerung der Anlage. Ferner erhöht das zusätzlich über die Mischung eingebrachte Zeolith-Pulver die Zeolithdichte in dieser beschriebenen Anordnung und ermöglicht somit eine deutliche Volumenreduktion. Selbstverständlich müssen mit Abschluß des beschriebenen Fertigungsprozesses die Platzhalter für die Dampfkanäle, die in Fig. 4 mit der Bezugsziffer 34 dargestellt sind, wieder entfernt werden.

Von Vorteil ist die beschriebene vakuum-isolierte Adsorber-Verdampferraum-Einheit als Wärmespeicheranlage u. a. durch Fehlen eines Sperrventiles im Übergang 21 zwischen dem Verdampferraum 22 sowie dem Adsorber 1 auch dadurch, daß neben einer Reduktion des Bauraumes und einer Erhöhung der Wärmespeicherkapazität die Anlagenzuverlässigkeit erhöht wird. Wird diese Anlage als Fahrzeug-Heizanlage eingesetzt, so besitzt diese Anlage eine natürliche Stand-by-Bereitschaft im Winterbetrieb durch Aufrechterhaltung der Desorptionstemperatur (bei 300°C treten Verluste von weniger als 100 Watt auf) sowie im Sommerbetrieb durch Anlegen eines Eisspeichers im Verdampfergefäß einige Stunden vor Fahrtantritt. Bei optimierter Speicheranlage mit beispielsweise 2 kWh Kältekapazität und 3,5 kWh Wärmekapazität liegt der Volumenbedarf bei unter 40 Litern.

In diesem Zusammenhang soll nochmals kurz auf die Vorteile des Wasser/Wasser-Wärmetauschers 8' im

Verdampferraum 22 eingegangen werden. Ein derartiger Wärmetauscher 8' im Verdampferraum 22 ist vorteilhaft, da die evakuierte Zeolith-Anlage sowie der durch den Wärmetauscher 8' geführte Kaltwasserkreislauf bzw. Kältemittelkreislauf entkoppelt werden müssen; ansonsten könnte bei einer Leckage im Kaltwasserkreislauf ein Vakuumbruch in der Zeolith-Anlage mit einem damit verbundenen vollständigen Funktionsausfall erfolgen. Von Vorteil ist ein derartiger Wärmetauscher 8' aber auch, da Wasser mit Frostschutz als Kältemittel eingesetzt werden kann, so daß einerseits die Komponenten dieses Kältemittelkreislaufes vor Vereisung geschützt werden, und andererseits Eisspeicher-kälte abrufbar ist. Auch ergibt sich – ebenso wie im Adsorber 1 – hiermit eine bessere Temperaturverteilung im Verdampferraum 22, d. h. es liegen keine Totwassergebiete vor. Aufgrund der größeren Kondensationsfläche erfolgt ferner eine verbesserte Kondensation. Weiterhin stellt sich ein ruhigeres Blasensieden im Adsorptionsfall ein, d. h. es steigen lediglich kleine Dampfblasen zwischen den Wärmetauscherlamellen des Wärmetauschers 8' langsam hoch, so daß platz- und kostenintensive Wasserabscheider im Übergang 21 zwischen dem Verdampferraum 22 sowie dem Adsorber 1 nicht benötigt werden. Wie bereits erwähnt, ist darüber hinaus ein Eisspeicher im Verdampferraum 22 anlegbar, was beim Sommerbetrieb einer derartigen Anlage, wenn mit dieser Anlage beispielsweise ein Fahrzeug-Innenraum gekühlt werden soll, besonders vorteilhaft ist. Darüber hinaus bildet der Wärmetauscher 8' eine natürliche Stützstruktur im Verdampferraum 22, er stützt somit die Gehäusewände des Verdampferraumes 22 ab.

Eine beschriebene Adsorber-Verdampferraum-Einheit als Adsorptions-Wärmespeicheranlage ist mit den ebenfalls ausführlich beschriebenen Vorteilen dann funktionstüchtig einsetzbar, wenn die in den Patentansprüchen angegebenen Merkmale zum Einsatz kommen. Die zuletzt erläuterten Prinzipskizzen dienen dabei lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung. Selbstverständlich sind eine Vielzahl von Abwandlungen insbesondere konstruktiver Art möglich, die weiterhin unter den Inhalt der Patentansprüche fallen.

#### Patentansprüche

1. Adsorptions-Wärmespeicher-Anlage mit einem insbesondere ein Zeolith enthaltenden Adsorber (1) mit integriertem, ein Wärmeträgermittel, insbesondere Wasser führenden Leitungsstrang (8)/Wärmetauscher (8), der Bestandteil eines des weiteren einer Umwälzpumpe (5) sowie einen Nutzwärmetauscher (3) enthaltenden Wärmeträgerkreislaufes (10) ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeträgerkreislauf (10) einen Bypass (9) zum Adsorber (1) aufweist, der pumpendruckseitig vom den Adsorber (1) durchdringenden Leitungsstrang (8) abzweigt, wobei der Bypass (9) ein Taktventil (7) enthält und stromab des Adsorbers (1) in einem Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan (2) wieder in den Leitungsstrang (8) mündet, und daß pumpensaugseitig ein Ausgleichsbehälter (4) für das Wärmeträgermittel vorgesehen ist.
2. Adsorptions-Wärmespeicher-Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Bypass (9) eine Drosselblende (6) vorgesehen ist.
3. Adsorptions-Wärmespeicher-Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Dampf-Flüssigkeits-Mischorgan (2) als erweiterter

Mischraum mit einem siebartigen Einsatz (11) ausgebildet ist.

4. Adsorptions-Wärmespeicher-Anlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche mit einem Verdampferraum (22) für das im Adsorber (1) adsorbierbare Arbeitsmittel, dadurch gekennzeichnet, daß im Verdampferraum (22) ein Wärmetauscher (8') vorgesehen ist, der Bestandteil eines über einen Kühlkörper (Luft-Kühl-Wärmetauscher) führenden Kältemittelkreislaufes ist. 5

5. Adsorptions-Wärmespeicher-Anlage nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Adsorber (1) sowie der Verdampferraum (22) eine gemeinsame Isolationshülle (23) gegenüber der Umgebung aufweisen und miteinander ohne Zwischen- 10 schaltung eines Sperrventiles verbunden sind.

6. Adsorptions-Wärmespeicher-Anlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche, gekennzeichnet durch eines oder mehrere der folgenden Merkmale: 15

- in der von der Isolationshülle (23) umgebenen Adsorber-Verdampferraum-Einheit ist ein elektrischer Heizstab (24) vorgesehen
- der Wärmetauscher (8)/Leitungsstrang (8) im Adsorber (1) steht mit dem Heizstab (24) in 25 wärmeübertragender Verbindung
- der Heizstab (24) ist zwischen einem Adsorber-Oberkasten (33) und einem Adsorber-Unterkasten (32) eingelegt
- der Verdampferraum (22) ist in einem Ver- 30 dampferkasten (31), der mit dem Adsorber (1) durch einen Übergang (21) für das Arbeitsmittel verbunden ist, vorgesehen
- der Zeolith-Adsorber (1) ist als Monolith ausgebildet. 35

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

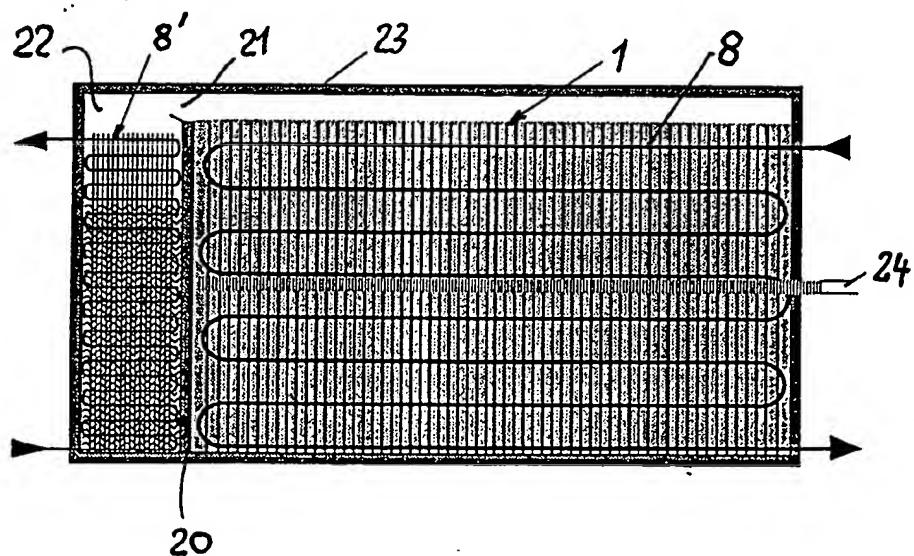
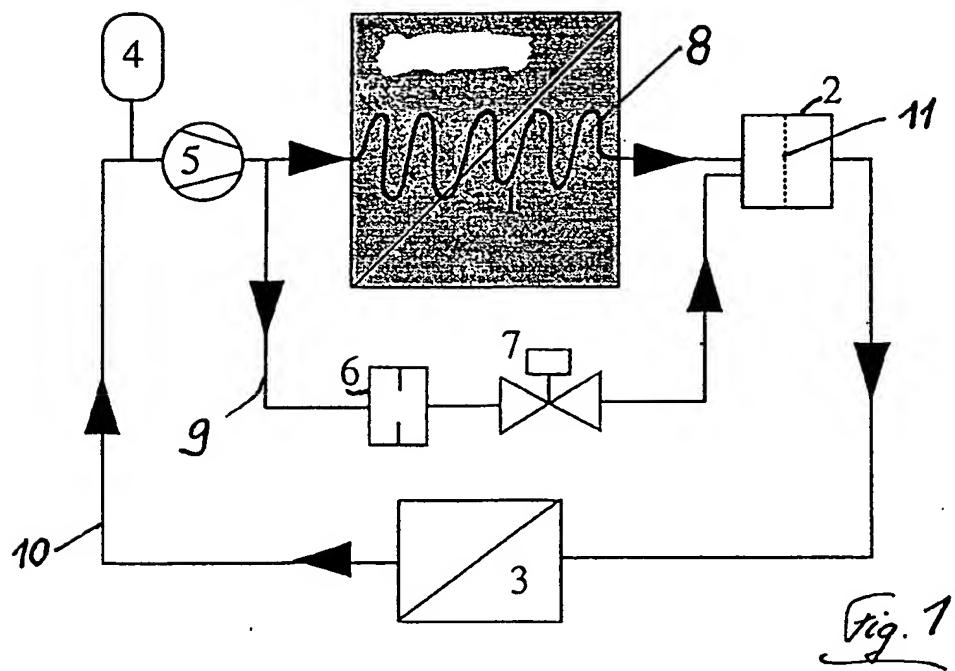
45

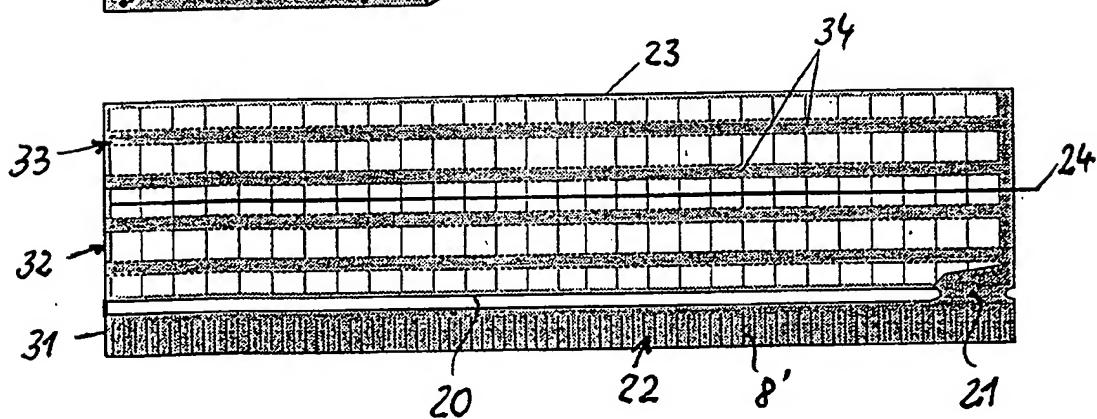
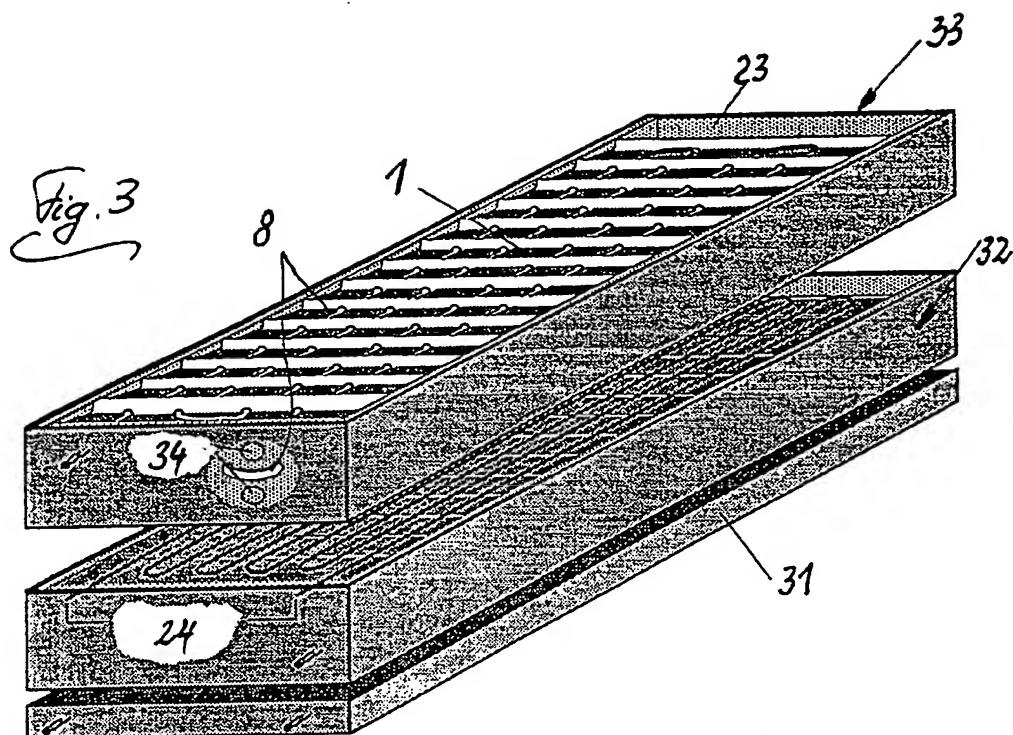
50

55

60

65





*Fig. 4*

## Adsorption-type heat storage system

**Patent number:** DE4310836  
**Publication date:** 1994-10-06  
**Inventor:** HOEPPLER ROBERT DR (DE)  
**Applicant:** BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F28D20/00; F28D20/00; (IPC1-7): F28D20/00  
- **european:** F28D20/00B  
**Application number:** DE19934310836 19930402  
**Priority number(s):** DE19934310836 19930402

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE4310836

Provided inside a zeolite adsorber is a heat exchanger which is a component of a heating circuit which inter alia also leads via a useful heat exchanger in which the useful heat can be employed, for example, to heat a vehicle interior. The heating circuit has a bypass which circumvents the adsorber and in which a timing valve is provided. By means of the timing operation of this timing valve, a recirculating pump can start up the heating circuit even through the adsorber, although in the preceding desorption process the heating medium has changed its phase state in the adsorber heat exchanger, with the result that a steam bubble was produced there. The heating medium can be fed to the useful heat exchanger by mixing superheated steam from the adsorber and liquid via the bypass immediately downstream of the adsorber with the aid of conventional hot water hoses. Also specified are advantageous design details of an adsorber/evaporation chamber unit.

---

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide